

SIMULASI PENGENDALIAN BANJIR PADA PERKEBUNAN KELAPA DI SUNGAI UNDAN

(Studi Kasus: Desa Sei Undan Kabupaten Indragiri Hilir)

Hindra Adi Putra Purba¹⁾, Siswanto²⁾, Rinaldi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S1, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil S1
Fakultas Teknik Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12,5 Pekanbaru 28293

Email: [^{1\)}hindra.adi@student.unri.ac.id](mailto:hindra.adi@student.unri.ac.id)
[^{2\)}siswanto@gmail.com](mailto:siswanto@gmail.com)
[^{2\)}ri.naldi@yahoo.com](mailto:ri.naldi@yahoo.com)

ABSTRACT

The coconut plantation area on the banks of the Undan river is not function optimally. It can be seen from the inability of the river in flowing runoff discharge. The floods caused many dead coconut trees and disrupted the activities of residents in Sei Undan Village. Flood simulation analysis is done by analyzing the capacity of the river channel and comparing the calculated discharge it with rational method. Analyze channel calculation using HEC-RAS 4.1.0 software. Profile analysis is done by dividing into 2 river channels that reach A and B with 3 different reset times, is 5 years, 10 years, and 25 years. The result of this research can be seen that the existing condition with maximum height in reach B is 30 cm for return periode of 5 years, 30 cm for return periode of 10 years and 30 cm for return periode of 25 years and to reach A that is 19 cm for return periode of 5-years, 34 cm for return periode of 10 years, and 27 cm for return periode of 25 years. Simulation by constructing a levee on the riverbank by looking for Maximum inundation height with a higher levee size than the maximum inundation.

Keywords: Flood, Rational Method, HEC-RAS 4.1

1. PENDAHULUAN

Sungai Undan merupakan sebuah sungai yang berada di Kabupaten Indragiri Hilir dengan daerah rawa sangat luas, memiliki aliran air berasal dari Sungai Gangsal yang bermuara ke laut. Wilayah Desa Sungai Undan terdapat perkebunan kelapa yang cukup luas, yang memiliki sumber air berasal dari Sungai Undan.

Daerah Desa Sei Undan memiliki perkebunan kelapa yang cukup luas menjadikan mata pencarian utama bagi masyarakat Desa Sungai Undan. Pada saat terjadi pasang yang berasal dari laut menyebabkan aliran air laut masuk ke Sungai Undan melalui Sungai Gangsal sehingga menyebabkan terjadi banjir di perkebunan kelapa. Banjir merupakan faktor utama yang terjadi di perkebunan kelapa tersebut. Pada saat pohon kelapa

yang tergenang air terlalu lama yang memiliki kadar garam akan menyebabkan banyak pohon kelapa yang mati, oleh sebab itu pengendalian banjir untuk mencegah meluapnya air Sungai Undan akibat pasang.

Pengelolaan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) harus memperhatikan badan air DAS tersebut. Karena pengelolaan DAS akan sangat berpengaruh pada badan airnya. Pengelolaan DAS yang salah akan berdampak pada keberlangsungan sungai, yaitu fluktuasi debit air yang sangat tinggi serta bekurangnya daya tampung sungai akibat pasang surut yang berasal dari Sungai Gangsal.

Pasang surut merupakan suatu fenomena yang terjadi di laut yaitu pergerakan naik atau turunnya posisi permukaan perairan laut secara berkala

yang disebabkan oleh gaya tarik menarik benda langit terutama bulan dan matahari.

Lahan pasang surut berbeda dengan lahan irigasi atau lahan kering yang sudah dikenal masyarakat. Perbedaannya menyangkut kesuburan tanah, ketersediaan air dan teknik pengelolaannya. Lahan ini tersedia sangat luas dan dapat dimanfaatkan untuk usaha pertanian. Hasil yang diperoleh sangat tergantung kepada cara pengelolaannya. Untuk itu, perlu memahami sifat dan kondisi tanah dan air di lahan pasang surut. Analisis yang dilakukan meliputi analisis data hujan menggunakan modul hujan harian, analisis debit banjir rancangan menggunakan Metode Rasional dan analisis hidraulika menggunakan software HEC-RAS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Banjir

Banjir merupakan fenomena alam yang biasa terjadi di suatu kawasan yang banyak dialiri oleh aliran sungai. Alur sungai ini di mulai di daerah yang tertinggi di suatu kawasan, bisa daerah pegunungan, gunung atau perbukitan, dan berakhir di tepi pantai ketika aliran air masuk ke laut.

Secara sederhana, segmen aliran sungai itu dapat kita bedakan menjadi dua yaitu:

1. Daerah hulu, terdapat di daerah pegunungan, gunung atau perbukitan.
2. Daerah tengah, umumnya merupakan daerah kaki pegunungan, kaki gunung atau kaki bukit.
3. Daerah hilir, umumnya merupakan daerah dataran. Alur sungai lebar dan bisa sangat lebar dengan tebing sungai yang relatif sangat rendah dibandingkan lebar alur.

Dari karakter segmen-segmen aliran sungai itu, maka dapat dikatakan bahwa:

1. Banjir merupakan bagian proses pembentukan daratan oleh aliran sungai.
2. Banjir yang meluas hanya terjadi di daerah hilir dari suatu aliran dan

melanda dataran di kiri dan kanan aliran sungai.

2.1.1 Penyebab Terjadinya Banjir

Banjir dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Saluran air yang buruk, pada kota-kota besar seperti jakarta, bandung, dan lainnya yang kerap terjadi biasanya dikarenakan saluran air yang mengalirkan air hujan dari jalan ke sungai sudah tidak terawat.
2. Daerah resapan air yang kurang, selain karena saluran air yang buruk ternyata daerah resapan air yang kurang juga mempengaruhi suatu wilayah dapat terjadi banjir.
3. Penebangan pohon secara liar, pohon memiliki fungsi untuk mempertahankan suatu kontur tanah untuk tetap pada posisinya sehingga tidak terjadi longsor, selain itu pohon juga memiliki fungsi untuk menyerap air sebagaimana telah disebutkan pada poin sebelumnya.
4. Sungai yang tidak terawat, sungai sebagai media mengalirnya air yang tertampung dari hujan dan saluran air menuju ke laut lepas tentunya sangat memegang peranan penting pada terjadi atau tidaknya banjir di suatu daerah.
5. Kesadaran masyarakat yang kurang baik, sikap masyarakat yang kurang sadar terhadap lingkungan juga ternyata sangat berpengaruh pada resiko terjadinya banjir.

2.2 Pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS adalah suatu area dipermukaan bumi yang didalamnya terdapat sistem pengaliran yang terdiri dari satu sungai utama (*main stream*) dan beberapa anak cabangnya (*tributaries*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan mengalirkan air melalui satu keluaran (*outlet*) (Soewarno,1995).

2.3 Pengetian Hidrologi

Dalam kehidupan di bumi ini, siklus hidrologi terjadi setiap hari dan setiap waktu. Siklus Hidrologi dapat diartikan sebagai proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. (Triatmodjo, 2009).

2.3.1 Pengertian Hujan (*Precipitation*)

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1987) dalam Triatmodjo (2009), presipitasi adalah nama umum dari uap yang mengkondensasi dan jatuh berbentuk hujan, embun, kondensasi, kabut salju dan es ke tanah dalam rangkaian proses siklus hidrologi.

2.3.2 Perhitungan Data Curah Hujan

Penentuan data curah hujan penting dilakukan agar didapat data hujan rerata dari sekian banyak data curah hujan yang dimiliki.

Ada tiga metode umum yang dapat digunakan untuk menentukan hujan rerata suatu kawasan, yaitu:

1. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar).
2. Metode Thiessen.
3. Metode Isohiet.

2.3.3 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan membutuhkan analisis frekuensi yang sering digunakan dalam ilmu hidrologi.

Prosedur perhitungan analisis frekuensi dimulai dengan menentukan parameter statistik meliputi (Suripin, 2004):

$$\text{Rata-rata} : x_{rt} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{Standar deviasi} : S_d = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{rt})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Koefisien Variansi} : C_v = \frac{S_d}{x_{rt}}$$

$$\text{Asimetri} : C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - x_{rt})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

$$\text{Kurtosis} : C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{rt})^4$$

2.3.4 Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan (C) adalah suatu koefisien yang menjadi perbandingan antara besarnya jumlah air yang dialirkan oleh suatu jenis permukaan terhadap jumlah air yang ada. Faktor utama yang mempengaruhi C adalah, laju infiltrasi, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan. Jika DPS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DPS yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$C_{\text{komposit}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah ke i .

C_i = koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah ke i .

n = jumlah data.

2.4 Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Asdak, 2010). Menurut Rahayu (2009), pengukuran kecepatan aliran dengan metode ini dapat menghasilkan perkiraan kecepatan aliran yang memadai.

2.5 Pengertian Pasang Surut

Menurut Pariwono (1989), fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi.

Pasang surut yang terjadi di bumi ada tiga jenis yaitu: pasang surut atmosfer (atmospheric tide), pasang surut laut

(oceanic tide) dan pasang surut bumi padat (tide of the solid earth).

2.6 Aliran Melalui Saluran Terbuka

Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*).

Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (*closed conduits*), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (*open channels*). Sungai, saluran irigasi, selokan, estuari merupakan saluran terbuka, sedangkan terowongan, pipa, aquaduct, gorong-gorong, dan siphon merupakan saluran tertutup.

2.7 Program HES-RAS 4.1

Alat bantu analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) 4.1*. Perangkat lunak HEC-RAS merupakan *software* yang digunakan untuk menghitung analisis hidraulika, yaitu perhitungan profil muka air pada aliran permanen (*steady flow*) dan tidak permanen (*unsteady flow*). HEC-RAS dirancang untuk mensimulasi fenomena pada jaringan saluran alami maupun buatan. Kunci utama pemodelan pada HEC-RAS adalah penggunaan representasi data geometri dan perhitungan geometri serta perhitungan hidraulika berulang.

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Desa Sei Undan Kecamatan Reteh Kabupaten Indragiri Hilir, yang secara geografis terletak hilir 0°42'25.88"LS dan 103°24'18.99"BT dan pada bagian hulu 0°43'19.25"LS dan 103°23'48.02"BT. Luasan daerah tangkapan air hujan yaitu 343 ha.

3.2 Data Penelitian

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk penelitian. Adapun data yang digunakan merupakan data sekunder berasal dari survei instansional berupa curah hujan dan klimatologi.

1. Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan ialah data curah hujan harian 12 tahun (2004-2015). Tahap analisis selanjutnya dalam perhitungan data curah hujan harian maksimum pertahun dari 1 harian yaitu dengan analisis hidrologi. Data tersebut dapat dilihat pada Lampiran.

2. Data Klimatologi

Data klimatologi yang digunakan diambil dari stasiun Air Molek DAS Kuantan Kabupaten Indragiri Hulu di mulai dari tahun 2004 - 2015 yang meliputi temperatur, penyinaran matahari, kelembapan udara, dan kecepatan angin.

3.3 Prosedur Penelitian

Setelah semua data diperoleh, maka selanjutnya dilakukan analisis dan perhitungan agar dapat di simulasikan dengan menggunakan program HEC-RAS. Untuk memperoleh hasil akhir harus melalui tahapan kerja tertentu. Tahapan analisis dan perhitungan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan curah hujan harian maksimum pertahun meliputi 1 harian.
2. Perhitungan analisis frekuensi dalam menentukan hujan rencana.
3. Menentukan curah harian maksimum dengan distribusi log person III.
4. Pengujian kesesuaian distribusi frekuensi dengan menggunakan uji *smirnov-kolmogorov* dan uji *chi-kuadrat* untuk masing-masing hujan harian. Ada beberapa distribusi yang dapat digunakan, namun sebelumnya terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap data-data yang ada apakah

disrtibusi frekuensi yang dipilih bisa digunakan.

5. Perhitungan modulus pembuang menggunakan grafik untuk masing-masing kala ulang.
6. Penginputan penampang melintang dan memanjang saluran, data debit, serta fluktuasi air sungai.
7. Analisis profil aliran dengan bantuan program HEC-RAS versi 4.1 untuk mengetahui elevasi muka air pada bagian hulu saluran dengan 1 alternatif simulasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Analisis Hidrologi

Pada Analisis hidrologi dapat digunakan dengan cara menentukan Curah Hujan maksimum yang mana data dari hujan maksimum dapat diolah menjadi Intensitas Hujan. Data yang digunakan untuk mencari Intensitas Hujan dalam penelitian ini yaitu data hujan harian 12 tahun (tahun 2004 sampai dengan tahun 2015). Dari data tersebut, akan dilakukan analisis frekuensi hujan untuk mencari Intensitas Hujan yang terjadi pada durasi waktu tertentu.

4.1.1 Curah Hujan Maksimum

Pada analisis curah hujan maksimum dapat diketahui dengan cara mendapatkan intensitas hujan, pengaruh yang terjadi saat semakin banyak seri data yang digunakan maka semakin kecil kesalahan dalam analisis yang diperoleh. Data curah hujan harian maksimum tahun 2004 sampai dengan 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Keritang (mm/hari)

Tahun	Curah Hujan
	Harian Maksimum
2004	112
2005	62.5
2006	74
2007	114
2008	122

2009	120
2010	70
2011	28
2012	65
2013	65
2014	90
2015	90

4.1.2 Analisis frekuensi

Analisis frekuensi yaitu cara untuk menentukan jenis distribusi yang paling tepat dalam menghitung curah hujan rencana. Pemilihan jenis distribusi untuk menghitung curah hujan yang sesuai berdasarkan nilai koefisien asimetris (C_s), koefisien variansi (C_v) dan koefisien kurtosis (C_k). Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Analisis Parameter Statistik

No.	x_i	x_i^2	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$
1	112,00	12.544,00	27,63	763,14	21.081,76	582.383,61
2	62,50	3.906,25	-21,88	478,52	-10.467,53	228.977,20
3	74,00	5.476,00	-10,38	107,64	-1116,77	11.586,50
4	114,00	12.996,00	29,63	877,64	26.000,10	770.253,07
5	122,00	14.884,00	37,63	1.415,64	53.263,48	2.004.038,38
6	120,00	14.400,00	35,63	1.269,14	45.213,13	1.610.717,93
7	70,00	4.900,00	-14,38	2.06,64	-2970,46	42.700,35
8	28,00	784,00	-56,38	3.178,14	-17.9167,68	10.100.577,83
9	65,00	4.225,00	-19,38	375,39	-7273,19	140.918,12
10	65,00	4.225,00	-19,38	375,39	-7273,19	140.918,12
11	90,00	8.100,00	5,63	31,64	177,98	1.001,13
12	90,00	8.100,00	5,63	31,64	177,98	1.001,13
Jumlah	1.012,5	9.4540,25		9.110,56	-62.354,391	15.635.073,37

Hasil analisis parameter statistik yang didapat dari perhitungan, menunjukkan distribusi yang dapat digunakan berdasarkan data yang tersedia adalah distribusi Log Person III. Hasil pemilihan distribusi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Hasil Pemilihan Distribusi

Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	Keterangan
Normal	$(X_{rt} \pm s) = 68,27 \%$	62.50%	Tidak Memenuhi
	$(X_{rt} \pm 2s) = 95,44 \%$	93.75%	Tidak Memenuhi
	$C_s \approx 0$	-0.285	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 3$	-0.441	Tidak Memenuhi

Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$	1.062	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	5.074	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,14$	0.2853	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 5,4$	-0.441	Tidak Memenuhi
Log Person III	Selain dari nilai diatas		Memenuhi

4.1.3 Distribusi Log Person III

Curah Hujan Harian Maksimum yang di analisa dapat diperoleh dari Tabel 4.1 dengan cara menggunakan distribusi Log Person III yang telah ditentukan sebelumnya. Perhitungan distribusi Log Person III dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Perhitungan Distribusi Log Person III

No.	X_i (mm)	$\log X_i$	$(\log X_i - \log X_{rata})^2$	$(\log X_i - \log X_{rata})^3$
1	112,00	2,049	0,0232	0,0035
2	62,50	1,796	0,0102	-0,0010
3	74,00	1,869	0,0008	0,0000
4	114,00	2,057	0,0256	0,0041
5	122,00	2,086	0,0359	0,0068
6	120,00	2,079	0,0332	0,0061
7	70,00	1,845	0,0027	-0,0001
8	28,00	1,447	0,2023	-0,0910
9	65,00	1,813	0,0071	-0,0006
10	65,00	1,813	0,0071	-0,0006
11	90,00	1,954	0,0033	0,0002
12	90,00	1,954	0,0033	0,0002
Jumlah		22,763	0,3545	-0,0725
$\log X_{rata}$			1,897	

4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Metode yang digunakan dalam Pengujian kesesuaian distribusi frekuensi dapat dilakukan dengan menghitung parameter-parameter statistik dengan metode pengujian Smirnov-Kolgomorov dan Chi-Kuadrat.

a. Uji Smirnov-Kolgomorov

Uji Smirnov-Kolgomorov dapat diperoleh dengan hasil perbandingan empiris dalam bentuk grafis, dengan cara

input dari data curah hujan dan probabilitasnya. Dari hasil input data dapat diperoleh penyimpangan terbesar (Δ_{maks}). Penyimpangan ini kemudian dibandingkan dengan penyimpangan kritik yang masih diizinkan (Δ_0). Pada pengujian ini nilai derajat kepercayaan (α) yang digunakan sebesar 5%.

Tabel 4.5 Perhitungan Uji Smirnov-Kolgomorov

No.	X_i	$P(x_m)$	$\log X$	K	Pr	$P'(x_m)$	$P(x_m) - P'(x_m)$
1	112.00	5.88	2.049	0.848	30.693	69.307	63.425
2	62.50	11.76	1.796	-0.563	75.071	24.929	13.165
3	74.00	17.65	1.869	-0.154	75.071	24.929	7.282
4	114.00	23.53	2.057	0.891	29.346	70.654	47.124
5	122.00	29.41	2.086	1.055	24.187	75.813	46.401
6	120.00	35.29	2.079	1.015	12.328	87.672	52.378
7	70.00	41.18	1.845	-0.289	75.235	24.765	16.412
8	28.00	47.06	1.447	-2.505	182.176	-82.176	129.235
9	65.00	52.94	1.813	-0.468	86.130	13.870	39.071
10	65.00	58.82	1.813	-0.468	81.872	18.128	40.696
11	90.00	64.71	1.954	0.319	38.950	61.050	3.656
12	90.00	70.59	1.954	0.319	2.000	98.000	27.412
Δ_{maks} Perhitungan = 0,098							(bukan dalam %)

Dari hasil perhitungan Tabel 4.5 diketahui $\Delta_{maks} = 0,098 < \Delta_0 = 0,396$, sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Person III dari hasil uji Smirnov-Kolgomorov diterima.

b. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat yaitu mendapatkan pengujian persamaan distribusi peluang yang telah dipilih (Log Person III) dengan mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Tabel 4.6 Perhitungan XT Untuk Setiap Peluang

No	P (%)	K	Sd	$\log X_T$	X_T
1	20.00	0.856	0.180	2.051	112.366
2	40.00	0.442	0.180	1.976	94.670
3	60.00	0.027	0.180	1.902	79.761
4	80.00	-0.720	0.180	1.768	58.579

Perhitungan uji Chi-Kuadrat distribusi Log-Person III untuk data curah

hujan harian dari tahun 2004-2015 dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

No	Kelas	Batas kelas	Ei	Oi	$(O_i - E_i)^2$	$((O_i - E_i)^2)/E_i$
1	I	$x > 124.726$	3.2	4	0.640	0.200
2	II	$109.726 < x < 124.726$	3.2	1	4.840	1.513
3	III	$95.984 < x < 109.726$	3.2	3	0.040	0.013
4	IV	$69.664 < x < 95.984$	3.2	5	3.240	1.013
5	V	$x < 69.664$	3.2	3	0.040	0.013
Jumlah				16	16	8.800

4.1.5 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dihitung pada kala ulang 5, 10 dan 25 tahun. Adapun contoh perhitungan curah hujan rencana untuk kala ulang 5 tahun ialah sebagai berikut.

Diketahui:

$$S_d = 0,180$$

$$C_s = -1,367$$

Interpolasi

$$C_s = -1,2 \quad K = 0,844$$

$$C_s = -1,4 \quad K = 0,832$$

Maka, nilai K untuk $C_s = -1,367$

$$K = \frac{0,832 - 0,844}{-1,4 - (-1,2)} \times (-1,367 - (-1,2)) + 0,844$$

$$K = 0,834$$

$$\log X_5 = \log X + (K \times S)$$

$$\log X_5 = 1,897 + (0,834 \times 0,180)$$

$$\log X_5 = 2,047$$

$$X_5 = 111.343 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan curah hujan rencana kala ulang 5 tahun dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas	Log X	Curah Hujan Rencana (mm)
5	20	2.047	111.343
10	10	2.085	121.660
25	4	2.114	130.159

4.1.6 Perhitungan Intensitas Hujan

Peninjauan Intensitas hujan yang terjadi disetiap wilayah dapat ditentukan berdasarkan besarnya curah hujan rencana, waktu konsentrasi air di saluran. Intensitas

ini akan berpengaruh pada besarnya debit aliran terjadi khususnya dari limpasan langsung air hujan.

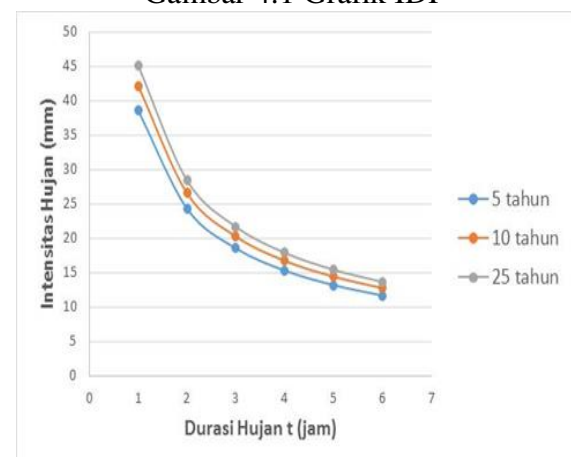
Hitungan yang sama dilanjutkan untuk durasi dan kedalaman hujan yang lain. Hasil hitungan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Intensitas Hujan

Durasi		Intensitas (mm/jam)		
		5 tahun	10 tahun	25 tahun
Menit	Jam			
60	1	38.600	42.177	45.124
120	2	24.317	26.570	28.426
180	3	18.557	20.277	21.693
240	4	15.319	16.738	17.907
360	6	11.690	12.773	13.666

Hasil perhitungan yang ada pada Tabel 4.9 diplot dalam bentuk grafik IDF (Intensitas Durasi Frekuensi), pada Gambar 4.1 berikut ini.

Gambar 4.1 Grafik IDF



4.2 Menghitung Debit Rencana

Perhitungan Debit Rencana yang ada pada Desa Sei Undan memiliki luas tangkapan hujan 343 ha yang telah dihitung menggunakan Persamaan 2.35 pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun, dapat dilihat pada Tabel 4.10, Tabel 4.11, Tabel 4.12 dan tabel rekapitulasi perhitungan debit pada Tabel 4.13.

Tabel 4.10 Perhitungan Debit Rencana
Kala Ulang 5 Tahun

Waktu (jam)	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m ³ /s)
1	0.6	38.600	343.0	22.068
2	0.6	24.317	343.0	13.902
3	0.6	18.557	343.0	10.609
4	0.6	15.319	343.0	8.758
5	0.6	13.201	343.0	7.547
6	0.6	11.690	343.0	6.683

Tabel 4.11 Perhitungan Debit Rencana
Kala Ulang 10 Tahun

Waktu (jam)	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m ³ /s)
1	0.6	42.177	343.0	24.113
2	0.6	26.570	343.0	15.190
3	0.6	20.277	343.0	11.592
4	0.6	16.738	343.0	9.569
5	0.6	14.424	343.0	8.247
6	0.6	12.773	343.0	7.303

Tabel 4.12 Perhitungan Debit Rencana
Kala Ulang 25 Tahun

Waktu (jam)	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m ³ /s)
1	0.6	45.124	343	25.798
2	0.6	28.426	343	16.252
3	0.6	21.693	343	12.402
4	0.6	17.907	343	10.238
5	0.6	15.432	343	8.823
6	0.6	13.666	343	7.813

Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan Debit
Rencana

Waktu (jam)	Q (m ³ /s)		
	5 tahun	10 tahun	25 tahun
1	22.068	24.113	25.798
2	13.902	15.190	16.252
3	10.609	11.592	12.402
4	8.758	9.569	10.238
5	7.547	8.247	8.823
6	6.683	7.303	7.813

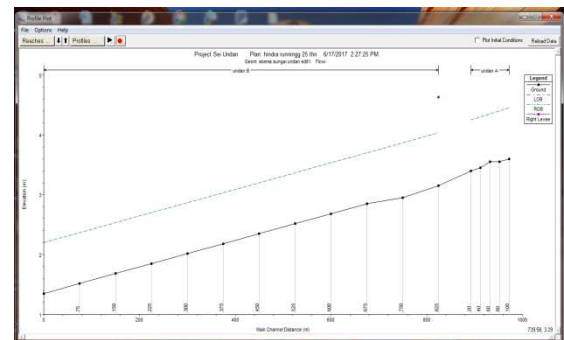
4.3 Analisis Simulasi Eksisting Dengan HEC-RAS

Untuk menganalisis simulasi eksisting dengan HEC-RAS terdapat berbagai langkah yang harus dilakukan seperti berikut.

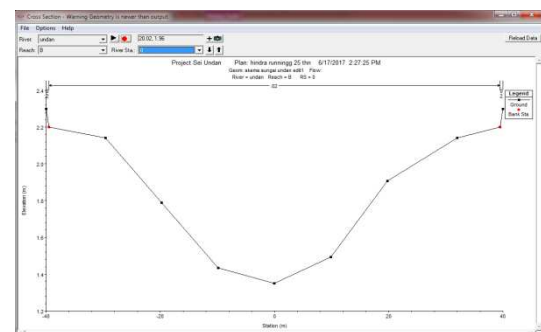
4.3.1 Input Data

1. Geometri

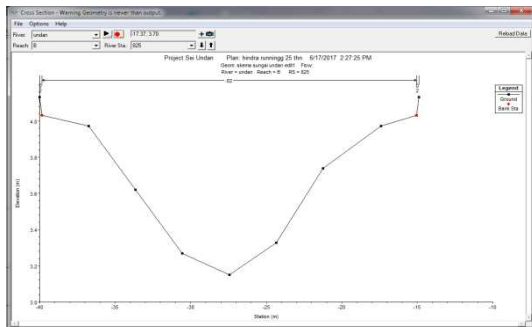
Geometri yang terdapat dalam penelitian ini memiliki layout saluran adalah Sungai undan yang dibagi berdasarkan dua *reach* yaitu reach A dan reach B. Sebagai contoh reach A dan B yang terdiri dari 22 *cross section* dan reach A dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



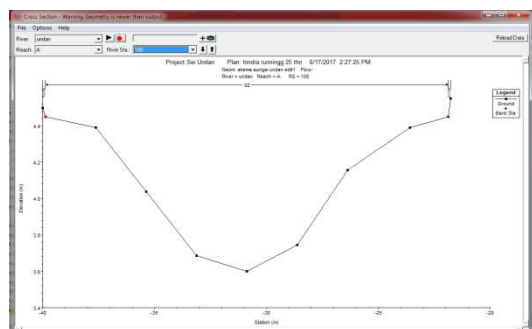
Gambar 4.1 Penampang Memanjang
Eksisting (Long Section)



Gambar 4.2 Reach B Cross Section 0
(Hulu Saluran)



Gambar 4.3 Reach B Cross Section 825 (Persimpangan Saluran)



Gambar 4.4 Reach A Cross Section 100 (Hilir Saluran)

2. Koefisien Manning

Nilai *Manning* ditentukan berdasarkan kriteria yang ada (*LOB* untuk tepi sebelah kiri saluran, *Channel* untuk tengah saluran, *ROB* untuk sebelah kanan saluran) dengan nilai 0,02.

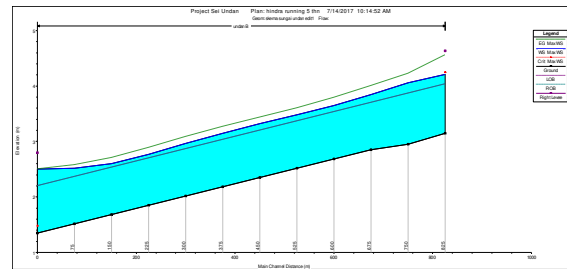
4.3.2 Simulasi Profil Muka Air

Simulasi *eksisting* pada penelitian di Sungai Undan di bagi menjadi 2 yaitu simulasi *reach A* dan *reach B*.

1. Simulasi profil muka air *eksisting* pada reach B

a. Simulasi *eksisting* kala ulang 5 tahun untuk reach B

Simulasi long section kala ulang 5 tahun *reach B* yang diperoleh dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.5 berikut ini.

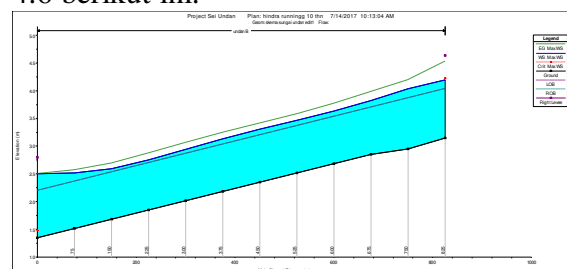


Gambar 4.5 *Running Test* Simulasi *Eksisting* kala ulang 5 tahun reach B

Hasil simulasi *eksisting* HEC-RAS untuk debit pada kala ulang 5 tahun di Sungai Undan dapat dilihat bahwa terjadi genangan banjir pada *reach B* mulai dari STA 0 hingga STA 825. Kedalaman yang terjadi bervariasi, mulai dari 30 cm pada STA 0 hingga dengan 18 cm pada STA 825.

b. Simulasi *eksisting* kala ulang 10 tahun untuk reach B

Simulasi long section kala ulang 10 tahun *reach B* yang diperoleh dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.6 berikut ini.

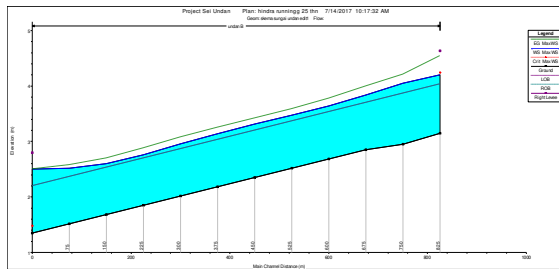


Gambar 4.6 *Running Test* Simulasi *Eksisting* kala ulang 10 tahun reach B

Hasil simulasi *eksisting* HEC-RAS untuk debit pada kala ulang 10 tahun di Sungai Undan dapat dilihat bahwa terjadi genangan banjir pada *reach B* mulai dari STA 0 hingga STA 825. Kedalaman yang terjadi bervariasi, mulai dari 30 cm pada STA 0 hingga dengan 17 cm pada STA 825.

c. Simulasi *eksisting* kala ulang 25 tahun untuk reach B

Simulasi long section kala ulang 25 tahun *reach B* yang diperoleh dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.7 berikut ini.

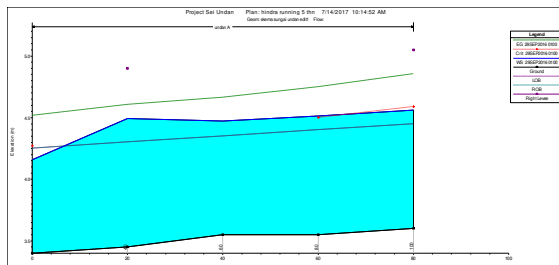


Gambar 4.7 Running Test Simulasi Eksisting kala ulang 25 tahun reach B

Hasil simulasi eksisting HEC-RAS untuk debit pada kala ulang 25 tahun di Sungai Undan dapat dilihat bahwa terjadi genangan banjir pada *reach* B mulai dari STA 0 hingga STA 825. Kedalaman yang terjadi bervariasi, mulai dari 30 cm pada STA 0 hingga dengan 21 cm pada STA 825.

2. Simulasi profil muka air eksisting pada reach A
 - a. Simulasi *eksisting* kala ulang 5 tahun untuk *reach* A

Simulasi long section kala ulang 5 tahun *reach* A yang diperoleh dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.8 berikut ini.

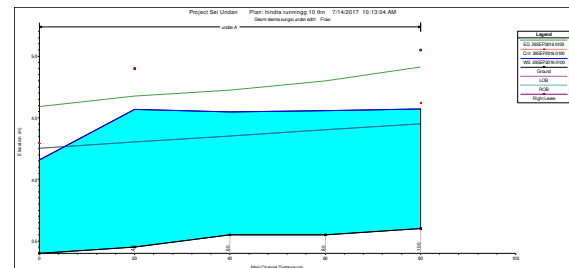


Gambar 4.8 Running Test Simulasi Eksisting kala ulang 5 tahun reach A

Hasil simulasi eksisting HEC-RAS untuk debit pada kala ulang 5 tahun di Sungai Undan dapat dilihat bahwa terjadi genangan banjir pada *reach* A mulai dari STA 40 hingga STA 100. Kedalaman yang terjadi bervariasi, mulai dari 19 cm pada STA 100 hingga dengan 11 cm pada STA 100.

- b. Simulasi *eksisting* kala ulang 10 tahun untuk *reach* A

Simulasi long section kala ulang 10 tahun *reach* A yang diperoleh dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.9 berikut ini.

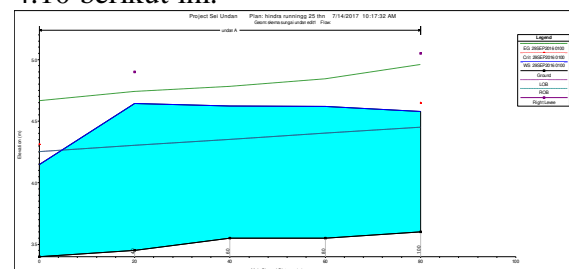


Gambar 4.9 Running Test Simulasi Eksisting kala ulang 10 tahun reach A

Hasil simulasi eksisting HEC-RAS untuk debit pada kala ulang 10 tahun di Sungai Undan dapat dilihat bahwa terjadi genangan banjir pada *reach* A mulai dari STA 40 hingga STA 100. Kedalaman yang terjadi bervariasi, mulai dari 27 cm pada STA 20 hingga dengan 12 cm pada STA 100.

- c. Simulasi *eksisting* kala ulang 25 tahun untuk *reach* A

Simulasi long section kala ulang 25 tahun *reach* A yang diperoleh dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Running Test Simulasi Eksisting kala ulang 25 tahun reach A

Hasil simulasi eksisting HEC-RAS untuk debit pada kala ulang 10 tahun di Sungai Undan dapat dilihat bahwa terjadi genangan banjir pada *reach* A mulai dari STA 40 hingga STA 100. Kedalaman yang terjadi bervariasi, mulai dari 34 cm pada STA 40 hingga dengan 13 cm pada STA 100.

4.3.3 Simulasi Pengendalian Banjir Pada Profil Muka Air Eksisting

Mengatasi banjir di Sungai Undan dengan cara membuat bangunan air berupa tanggul pada tepi saluran Sungai eksisting. Tanggul yang di rencanakan berdasarkan seberapa tinggi muka air yang meluap dari sungai ke daerah perkebunan kelapa dan pemukiman penduduk di daerah Desa Sei Undan.

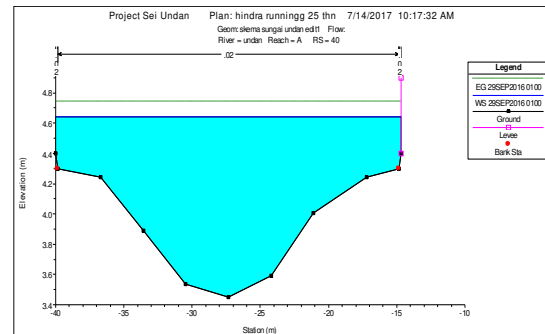
Penelitian ini mensimulasikan dengan mencari *cross section* yang memiliki titik genangan tertinggi yang terjadi pada kala ulang 5, 10, dan 25 tahun. Perencanaan Tanggul yang akan dibangun dapat dilihat dari seberapa besar tinggi muka air yang terjadi. Tanggul yang akan di rencanakan harus lebih tinggi dari tinggi muka air maksimal yang telah di peroleh dari HEC-RAS.

Berikut hasil tinggi genangan muka air maksimal yang meluap, yang di peroleh dari HEC-RAS pada tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Tinggi genangan muka air

Reach	Kala		Tinggi		Tinggi
	ulang	STA	genangan	STA	
	(Tahun)		(cm)		(cm)
B	5		30		18
	10	0	30	825	17
	25		30		21
A	5		19		11
	10	40	34	100	13
	25		27		12

Bedasarkan Tabel 4.14 nilai tinggi genangan yang paling besar terjadi pada *reach* A dengan kala ulang 25 tahun di STA 40 sebesar 34 cm, maka tanggul yang akan direncanakan harus lebih tinggi dari genangan yang diperoleh dengan tinggi tanggul 50 cm dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.11 Penggunaan Tanggul pada Cross Section STA 40 kala ulang 25 tahun *reach* A

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil simulasi eksisting menggunakan HEC-RAS 4.1 diketahui bahwa kapasitas saluran Sungai Undan tidak mampu menampung debit air akibat pasang surut dan air hujan. Hal ini terlihat dari banjir yang terjadi dengan genangan maksimum yaitu 34 cm untuk kala ulang 25 tahun pada STA 40.
2. Cara Alternatif yang dilakukan untuk penanggulangan banjir yaitu membuat bangunan air berupa tanggul. Perencanaan dilakukan dengan mencari tinggi genangan maksimum 34 cm dan tanggul yang direncanakan harus lebih besar dari tinggi genangan maksimum yaitu 50 cm.
3. Berdasarkan penelitian ini diperoleh bahwa HEC-RAS bisa digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran Sungai Undan dalam menanggulangi banjir.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dikemukakan dalam penelitian, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar meneliti lebih lanjut bangunan alternatif lain yang baik dalam penanggulangan banjir di Sungai Undan, serta memperpanjang lokasi

studi agar data yang diperoleh lebih akurat.

2. Dalam menanggulangi banjir disarankan agar jangan memperhitungkan aspek teknis saja, tetapi juga harus memperhitungkan aspek ekonomi dan sosial.
3. Penelitian selanjutnya disarankan agar sebelum melakukan penelitian sebaiknya mempersiapkan semua data-data yang diperlukan sehingga dalam penyusunan tidak mengalami kesulitan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Pariwono, J.I., 1989. *Gaya Penggerak Pasang Surut, Pasang Surut*, Ed. Ongkosongo, O.S.R., dan Suyarso, P3O-LIPI, Jakarta.

<http://www.pasanglaut.com/as/malaysia/melaka> [diakses pada tanggal 20 Maret 2017].

Googleearth. 2017 diperoleh dari: <www.googleearth.com> [diakses pada tanggal 24 Maret 2017].

Dronkers, J.J., 1964. *Tidal Computations in rivers and coastal waters*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

Raju, K.G. Ranga. 1986. *Aliran melalui saluran terbuka*. Erlangga. Jakarta.

Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

<http://teknikmesinunisma.blogspot.co.id/2015/06/makalah-bangunan-air-dan-alat-ukur.html> [diakses pada tanggal 14 Oktober 2016].

<http://dokumen.tips/documents/macam-pintu-air.html> [diakses pada tanggal 16 Oktober 2016].

Istiarto. 2011. *Simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan software HEC-RAS*. [online]. Diperoleh dari : <www.istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/training/modul-hec-ras> [diakses pada tanggal 09 Oktober 2016].

US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2008. *HEC-RAS River Analysis*

System-Hydraulic Reference Manual version 4.0, 1-411.

Widya K, Haris. 2008. *Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan Dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.0 Pada Kondisi UNSTEADY*, Skripsi Sarjana. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.